

## Спектроскопические исследования особенностей фазовых переходов при локальном нарушении симметрии в сегнетоэлектриках и релаксорах

А.М. Пугачев

*Институт автоматики электрометрии СО РАН, 630091 Новосибирск, Россия*

*e-mail: apg@iae.nsk.su*

Известно, что возникновение и эволюция локальных полярных областей (ПО) в параэлектрической центросимметричной фазе во многом определяет особенности сегнетоэлектрического фазового перехода в релаксорах и ряде сегнетоэлектриков [1, 2]. Ввиду малого размера и короткого времени жизни этих областей исследование их характеристик представляет сложную и неоднозначную задачу. Целью настоящей работы является определение температурной зависимости суммарного дипольного момента в локальных полярных областях при помощи различных спектроскопических методик (генерация второй оптической гармоники (ГВГ), спектроскопия комбинационного рассеяния света (КРС) и рассеяние Мандельштама-Бриллюэна (РМБ)). Обоснована применимость приведенных выше методов для исследования ПО и сопоставления спектроскопических исследований с измерениями термодинамических, диэлектрических и пирозлектрических свойств сегнетоэлектриков и релаксоров. Эксперименты проведены на кристаллах  $\text{Sr}_x\text{Ba}_{1-x}\text{NbO}_6$  (SBN- $x$ ) с различным химическим составом ( $x = 0.33, 0.50, 0.61$ , и  $0.75$ ), а также кристалла, порошков и керамики титаната бария.

В результате:

- приведена оценка времен жизни нецентросимметричных локальных областей;
- установлено сходство и различие температурной эволюции дипольного момента, обусловленного локальными полярными неоднородностями в параэлектрической фазе, для сегнетоэлектриков и релаксоров;
- установлена связь параметра порядка и упругих констант в окрестности фазового перехода с локальными полярными областями.

Температурные зависимости величины дипольного момента в локальных полярных областях определены на основе анализа величин сигнала второй оптической гармоники [3, 4]; аномалий модуля упругости, определенного из измерений сдвига дублета в РМБ, а также аномалий деформации [5]. При этом показано, что температурные зависимости дипольного момента, определенного упомянутыми выше способами, идентичны.

Показано, что спектральная ширина сигнала ГВГ в параэлектрической фазе одинакова и не превышает  $0,3 \text{ см}^{-1}$ . Доминирование относительно узкого и неизменного по ширине пика ГВГ указывает на то, что времена жизни ПО не превышают 15 пс.

Исследование температурных зависимостей центрального пика в КРС во всех исследованных кристаллах SBN- $x$  показали, что этот пик определяется флуктуациями параметра порядка с множеством времен релаксации, что характерно для релаксоров. При этом времена, полученные из измерений спектральной ширины центрального пика, значительно меньше времен жизни локальных полярных областей [6].

На примере прессованных порошков титаната бария продемонстрировано, что «релаксорные» свойства в обычном сегнетоэлектрике могут быть вызваны случайно ориентированными электрическими полями, которые обусловлены остаточными механическими напряжениями после одноосного прессования под высоким давлением (до 15 ГПа) [7, 8]. Эти механические напряжения не только существенно (более сотни градусов) «сдвигают» фазовый переход, но и меняют параметр ангармонизма, ответственного за уширение пика  $E(\text{TO})$  фонона в КРС. Показано также, что температурная зависимость амплитуды пика  $E(\text{TO})$  фонона аналогична соответствующей зависимости ГВГ и, соответственно, величине дипольного момента в локальных полярных областях в высокотемпературной фазе прессованного порошка [9].

Работа выполнена при поддержке проектов РФФИ 20-42-540002 и 19-42-543016.

1. G. Burns, F.H. Dacol, *Solid State Communications* **48**, 853 (1983).
2. A.A. Bokov, Z.-G. Ye. *J. Mater.. Sci.* **41**, 31 (2006).
3. A.M. Pugachev, V.I. Kovalevskii, N.V. Surovtsev, S. Kojima, S.A. Prosandeev, I.P. Raevski, S.I. Raevskaya, *Phys. Rev. Lett.* **108**, 247601 (2012).
4. M. Pugachev, I.V. Zaytseva, V.K. Malinovsky, N.V. Surovtsev, L.I. Ivleva, P.A. Lykov, *Ferroelectrics* **538**, 126 (2019).
5. A.M. Pugachev, I.V. Zaytseva, V.K. Malinovsky, N.V. Surovtsev, M.V. Gorev, L.I. Ivleva, P.A. Lykov, *Ferroelectrics* **560**, 54-60 (2020).
6. I.V. Zaytseva, A.M. Pugachev, N.V. Surovtsev, L.I. Ivleva, P.A. Lykov, *Ferroelectrics* **560**, 102-109 (2020).
7. A.M. Pugachev, V.I. Kovalevsky. V.K. Malinovsky, Yu.M. Borzdov, N.V. Surovtsev. *Appl. Phys. Lett.* **107**, 102902 (2015).
8. I.V. Zaytseva, A.M. Pugachev, K.A. Okotrub, N.V. Surovtsev, S.L. Mikerin, A.S. Krylov, *Ceramics International* **45**, 12455-12460 (2019).
9. A.M. Pugachev, I.V. Zaytseva, N.V. Surovtsev, A.S. Krylov, *Ceramics International* **46**, 22619 (2020).